

# 干旱胁迫对两种不同基因型耧斗菜种子萌发特性的影响

杜 艳<sup>1,2</sup>, 王 娟<sup>3</sup>, 陈 冲<sup>3</sup>, 韦廷舟<sup>2</sup>

(1. 山西运城农业职业技术学院, 山西 运城 044000; 2. 西南科技大学 生命科学与工程学院, 四川 绵阳 621010; 3. 山西省农业科学院 果树研究所, 山西 太原 030031)

**摘要:**为探讨 2 种不同基因型耧斗菜的耐旱性, 用 5%、10%、15%、20%、25% 的 PEG-6000 溶液处理耧斗菜种子, 研究 PEG-6000 模拟干旱胁迫对 2 种不同基因型耧斗菜萌发的影响。结果表明: 干旱胁迫抑制了耧斗菜种子的萌发, 2 种不同基因型材料的种子发芽率、发芽势、相对发芽率、发芽指数均显著降低( $P < 0.05$ )。低浓度 PEG-6000 促使萌发高峰期提前, 而且加快了种子萌发进程, 高浓度则反之。在相同的 PEG-6000 浓度处理水平下, 白鹭耧斗菜表现出的耐旱性强于黄凤耧斗菜。

**关键词:**干旱胁迫; 基因型; 耧斗菜; 萌发特性

**中图分类号:** S682.1<sup>+</sup>9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2017)01-0061-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.01.0061

耧斗菜(*Aquilegia vulgaris*)花卉隶属于毛茛科(Ranunculaceae)耧斗菜亚族(Aquilegiinae Tamura)耧斗菜属(*Aquilegia*)宿根植物<sup>[1]</sup>。该属约有 70 种, 可能是同一亚族天葵属的祖先之一, 在分类学上有一定的作用<sup>[2]</sup>。耧斗菜叶型雅致、花型独特、适应性强, 可应用于草坪边缘、边坡、花坛、花境和切花等, 在市政园林绿化与切花生产方面具有较高的应用价值<sup>[1,3]</sup>。同时, 耧斗菜属植物主要含有黄酮类、三萜皂苷和少量生物碱, 具有抗氧化、抗菌、保护肝脏等药用功能, 有重要的药用价值<sup>[4-5]</sup>。目前, 栽培的耧斗菜多为杂交品种, 其性强健而耐寒, 可在我国华北及华东等地区安全露地越冬<sup>[6]</sup>, 是我国北方地区重要的园林植物之一。

随着全球气候的变化, 干旱已是全球共同面临的问题, 而我国干旱和半干旱地区占国土面积的比率约高达 47%<sup>[7]</sup>。干旱已成为植物生长、发育过程中必须所面临的主要逆境胁迫<sup>[8]</sup>。研究表明, 植物的基因型不同, 其抗旱性也有较大的差异<sup>[9]</sup>。因此, 以两种基因型不同的耧斗菜为试验对象, 研究干旱胁迫对供试材料种子萌发和幼苗生长的影响, 旨在寻找抗旱性强的品种, 为我国北

方干旱地区植被恢复、城市园林绿化提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以基因型不同的黄凤耧斗菜(*Aquilegia vulgaris*)和白鹭耧斗菜(*Aquilegia vulgaris*)为研究对象。种子均购自北京花儿朵花仙子农业有限公司。

### 1.2 方法

**1.2.1 试验设计** 从不同基因型的材料中随机选取籽粒饱满、大小一致、色泽光亮且颜色较深的种子 1 000 粒, 用万分之一的天平准确称量, 并准确记录称量数据。两种材料各重复 3 次, 计算千粒重。种子的前处理: 将选好的种子置于烧杯中, 并用 0.1% 的  $K_2MnO_4$  溶液消毒 15 min; 而后用无菌水冲洗 3~5 次, 至无  $K_2MnO_4$  残留为止。室温下晾干, 留待备用。种子的 PEG-6000 处理: 用 PEG-6000 模拟干旱胁迫环境, 分别设置 5 个浓度水平, 分别为 5%、10%、15%、20%、25%, 并以无菌水为对照试验。发芽试验在培养皿中进行, 每个培养皿铺 2 层滤纸, 并加入 5 mL 的处理液。每个培养皿放置 30 粒种子, 重复 3 次。萌发条件为温度 25℃、光照周期(光照/黑暗)12 h/12 h, 光照强度为 2 000 lx。每间隔 24 h, 统计种子的萌发情况。

**1.2.2 测定项目及方法** 试验采用种子日发芽率、发芽率、发芽势、相对发芽率、发芽指数等指标来评价不同基因型耧斗菜种子对干旱胁迫的响应。计算公式为<sup>[10-12]</sup>:

收稿日期: 2016-12-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31400333); 西南科技大学实验室开放基金资助项目(15xnf02)

第一作者简介: 杜艳(1980-), 女, 山西省运城市人, 硕士, 讲师, 从事花卉植物栽培与应用研究。E-mail: xudu20061@163.com。

日相对萌发率/%=(相应各日正常发芽种子数/供试种子数)×100

发芽率/%=(正常发芽种子数/参试种子数)×100;

发芽势/%=(种子发芽数达到高峰时正常发芽种子的总数/参试种子数)×100;

相对发芽率/%=试验组种子发芽率/对照组种子发芽率×100;

发芽指数 GI/%= $\sum (G_t/D_t) \times 100$  ( $G_t$  为第  $t$  天发芽的种子数,  $D_t$  为相应的发芽天数)。

利用 SPSS 2.0 软件和 Office 软件中的 Microsoft Excel 2007 对试验得到的数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同基因型耬斗菜的千粒重

供试材料中,黄凤耬斗菜 3 组 1 000 粒种子的重量分别为:1.134、1.128、1.132 g,平均千粒重为 1.131 g。白鹭耬斗菜的则分别为:1.223、1.225、1.198 g,平均千粒重为 1.215 g。

2.2 干旱胁迫对不同基因型耬斗菜发芽进程的影响

不同基因型的耬斗菜对 PEG-6000 模拟干旱胁迫环境的响应程度有较大差异。二者的萌发启动期、萌发高峰期和萌发持续时间都不同(见图 1、图 2)。黄凤耬斗菜在种子萌发试验第 14 天开始萌发,萌发的高峰期集中在第 21 天,萌发持续了 9 d;白鹭耬斗菜则在第 11 天启动萌发,在第 16±1 天萌发到高峰期,在第 19 天萌发结束,整个萌发实验持续 8 d。与前者相比较,白鹭耬斗菜的萌发启动期提前了 3 d,萌发的高峰期也提前了 4 d,持续时间也相对较短。

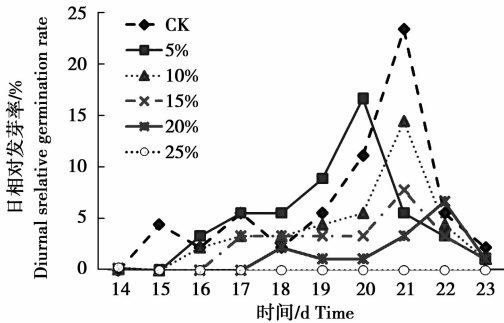


图 1 干旱胁迫对黄凤耬斗菜日相对发芽率的影响  
Fig.1 Effect of drought stress on seed relative germination rate of Huangfeng *Aquilegia vulgaris*

由图 1 可知,不同水平的 PEG-6000 对黄凤耬斗菜种子萌发进程影响度不同。第 15 天,对照组已经萌动,试验组却未启动;在第 16 天,低浓度水平的试验组萌发,而且 5%水平的处理,其当日萌发率高于对照组。进一步分析发现,5%的低水平处理不仅缩短了种子到达萌发高峰期的时间,且在萌发高峰前,当日萌发率均高于对照组。此外,PEG-6000 高水平处理阻碍了种子的萌发,萌发高峰期推迟;而当浓度达到 25%时,黄凤耬斗菜的种子未能萌发。

从图 2 可以看出,白鹭耬斗菜种子萌发对 PEG-6000 胁迫的敏感度较前者弱。当 PEG-6000 达到 25%时,依然能萌发,萌发率为 8.89%;而同水平下的黄凤耬斗菜则不能萌发。同时,在第 12 天,对照组和 5%处理水平就已经萌发;在第 15 天,5%处理就达到萌发的高峰期,当日萌发率高达 18.89%,且只历时 4 d。整体而言,PEG-6000 胁迫延缓了白鹭耬斗菜的萌发进程;除 5%处理的第 15 天日萌发率外,试验组的日萌发率均低于对照组。此外,深入分析两种材料的萌发进程,结果表明,低浓度的 PEG-6000 胁迫可使种子萌发高峰期提前,而高浓度则使得萌发高峰期推迟。

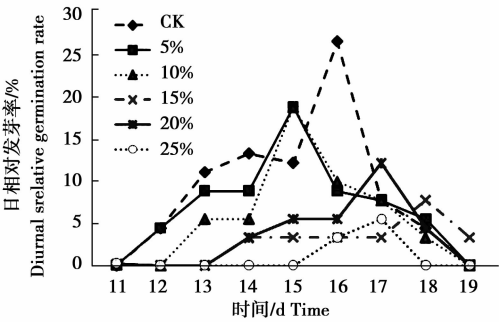


图 2 干旱胁迫对白鹭耬斗菜日相对发芽率的影响  
Fig.2 Effect of drought stress on seed relative germination rate of Bailu *Aquilegia vulgaris*

2.3 干旱胁迫对不同基因型耬斗菜发芽率和发芽势的影响

PEG-6000 是一种亲水性极强的大分子有机物。在模拟干旱胁迫时,通过抑制种子的吸水过程从而影响了种子的萌发进程。由表 1 可知,耬斗菜对于干旱胁迫较为敏感,低浓度的 PEG-6000 都可使种子的萌发受到抑制。分析结果表明,不同基因型的耬斗菜种子萌发率均与 PEG-6000 胁迫浓度呈负相关。黄凤耬斗菜与白鹭耬斗菜在各浓

度胁迫下的发芽率差异极显著,黄凤耧斗菜各处理发芽势亦差异极显著,白鹭耧斗菜 5%、10%和 15%处理下发芽势差异不显著,且与其它处理差异极显著。当浓度为 25%时,黄凤耧斗菜的发芽

率为 0,而白鹭耧斗菜的发芽率则为 8.89%;同时,在各个处理水平下,白鹭耧斗菜的发芽率均高于前者。这表明不同基因型耧斗菜的耐旱性不同。

表 1 干旱胁迫对 2 种不同基因型耧斗菜种子发芽的影响

Table 1 Effect of drought stress on seed germination rate and speed of two different genotypes of *Aquilegia vulgaris*

PEG-6000 浓度/% Concentration of PEG-6000	发芽率/% Germination rate		发芽势/% Germination speed	
	黄凤耧斗菜 Huangfeng	白鹭耧斗菜 Bailu	黄凤耧斗菜 Huangfeng	白鹭耧斗菜 Bailu
0	62.22±1.92 A	80.00±3.33 Aa	54.44±1.92 A	67.78±1.92 Aa
5	50.00±5.77 B	63.33±3.33 B b	40.00±3.33 B	41.11±1.92 B b
10	38.89±1.92 C	51.11±5.09 Cc	33.33±3.33 C	40.00±3.33 Bb
15	25.56±1.92 D	43.33±3.33 Cd	21.11±1.92 D	34.44±5.09 Bc
20	15.56±1.92 E	31.11±1.92 De	14.44±1.92 E	26.67±0.00 Cd
25	0 F	8.89±1.92 Ef	0 F	8.89±1.92 De

同列数据后不同的大、小写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )或显著( $P<0.05$ )。下同。  
Different capital letters and lowercases in same column mean significant difference at 0.01 and 0.05 level. The same below.

两种材料达到发芽高峰期所需的时间(天数)不同,前者在开始萌发时,7 d 后达到高峰期;后者只需要 5 d。供试材料的种子萌发芽势也与 PEG-6000 胁迫浓度呈负相关。分析发现,两种材料在各个水平下的发芽势均表现为白鹭耧斗菜较高。这说明白鹭耧斗菜的萌发时间较为集中,出苗一致度高;也说明了白鹭耧斗菜的耐旱性强于黄凤耧斗菜。

2.4 干旱胁迫对不同基因型耧斗菜相对发芽率和发芽指数的影响

种子相对发芽率可以直接反映出不同干旱胁迫处理水平下种子的萌发状况;发芽指数则可以综合反映出种子的萌发情况与生长状况。两者均是判断种子萌发能力的重要指标之一。不同 PEG-6000 浓度处理,对不同基因型耧斗菜的相对发芽率和发芽指数影响力度不同(见表 2)。随着 PEG-6000 浓度的升高,种子的相对萌发率呈现降低趋势,且当浓度高达 25%时,黄凤耧斗菜的相对发芽率为 0。然而,当浓度为 5%时,黄凤耧斗菜的相对发芽率比白鹭耧斗菜的高;当浓度为 10%时,两者的相对发芽率差异不明显。

分析供试材料的发芽指数(见表 2)可知,不同浓度处理下发芽指数差异极显著,且白鹭耧斗菜的发芽指数较高。在低浓度下,白鹭耧斗菜的发芽指数大约是黄凤耧斗菜的 1.66 倍;同时,当 PEG-6000 浓度上升为 15%~25%时,白鹭耧斗

菜的发芽指数则大约是黄凤耧斗菜的 2.39 倍。这说明白鹭耧斗菜的种子萌发情况和生长情况较好。

表 2 干旱胁迫对不同基因型耧斗菜相对发芽率和发芽指数的影响

Table 2 Effect of drought stress on seed relative germination rate and index of two different genotypes *Aquilegia vulgaris*

PEG-6000 浓度/% Concentration of PEG-6000	相对发芽率/% Relative germination rate		发芽指数 Germination index	
	黄凤耧斗菜 Huangfeng	白鹭耧斗菜 Bailu	黄凤耧斗菜 Huangfeng	白鹭耧斗菜 Bailu
0	100.00	100.00	4.47±0.24 A	7.43±0.25 A
5	80.36	79.17	3.24±0.22 B	6.13±0.48 B
10	62.50	63.89	2.28±0.25 C	3.94±0.49 C
15	41.07	54.17	1.45±0.08 D	3.10±0.31 D
20	25.00	38.89	0.72±0.08 E	1.90±0.10 E
25	0	11.11	0 F	0.48±0.10 F

3 结论与讨论

PEG-6000 模拟干旱胁迫具有操作简单、周期较短,从而被广泛用于植物早期抗旱性评价方面的研究<sup>[11]</sup>。有研究认为 PEG-6000 具有低剂量刺激效应,低浓度处理不仅可以提高种子的萌发率,还可以促进出苗;高浓度则影响种子萌发进程,抑制种子的萌发<sup>[11-12]</sup>。而植物的耐盐性由遗

传基因决定,不同基因型的材料,其抗旱性差异较大<sup>[7,13]</sup>。本试验以两种不同基因型的耧斗菜为材料,研究 PEG-6000 模拟干旱胁迫对种子日发芽率、发芽率、发芽势、相对发芽率、发芽指数等的影响。结果表明,PEG-6000 处理下,试验组的种子发芽率均低于对照组;随着 PEG-6000 浓度增加,发芽率、发芽势均降低,甚至不能萌发。说明对耧斗菜而言,PEG-6000 不存在低剂量刺激效应;而高浓度则抑制种子的萌发。这和前人的研究稍有出入<sup>[11-12]</sup>。

不同基因型的植物,对逆境响应所需时间不同。研究发现,在 PEG-6000 胁迫下,黄凤耧斗菜的萌发期比白鹭耧斗菜的推迟 2~3 d,萌发高峰期也要较之晚几天。进一步分析表明,在影响种子的萌发进程上,低浓度的 PEG-6000 可以促进种子提前到达萌发高峰期,提高日发芽率;高浓度则推迟种子的萌发期,降低日发芽率。这与黄修梅<sup>[9]</sup>等的研究结果保持一致,说明 PEG-6000 可以影响种子萌发的进程。

尽管低浓度 PEG-6000 就能影响种子的发芽率,但综合分析供试材料对不同 PEG-6000 处理水平的响应表明白鹭耧斗菜的耐旱性比黄凤耧斗菜强,这可能是两者遗传背景、种子大小造成的。相对而言,白鹭耧斗菜是一个耐旱性较强的品种,可以应用于我国北方干旱地区城市园林的绿化、植被的恢复。而黄凤耧斗菜在干旱地区栽培时,要保证水源充足,及时浇水,这才能确保栽培成功。本试验只是从种子萌发的角度探讨了供试材料的耐旱性,而尚未结合幼苗期和大田栽培。因而,要准确、全面评价两种不同基因型耧斗菜的耐

旱性,需要结合幼苗和大田栽培的生理生化表现。这有待进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] 张华丽,王涛,崔荣峰,等.耧斗菜 HSF 分类、表达分析及 AyHSF1 的亚细胞定位[J].园艺学报,2015,42(8): 1533-1541.
- [2] 李春雨.毛茛科耧斗菜亚族(*Aquilegiinae* Tamura)的系统学研究[D].北京:中国科学院植物研究所,2006.
- [3] 朱蕊蕊,杨姗姗,王宇钢,等.H 离子注入耧斗菜干种子对萌发率的影响[J].北方园艺,2009(10): 88-90.
- [4] 彭勇,陈四保,陈士林,等.毛茛科植物药用亲缘学的初步探讨[J].中国中药杂志,2006,31(16): 1124-1128.
- [5] 孙明晓,赵婷,高昂,等.耧斗菜属药学研究进展[J].辽宁中医药大学学报,2011,13(4): 83-84.
- [6] 陈菲,刘晓东,栗辉.耧斗菜属植物在城市园林中开发应用研究[J].国土与自然资源研究,2010(2): 94-95.
- [7] 蔡喜悦,陈晓德,李朝政,等.干旱胁迫下外源钙对石灰岩地区复羽叶亲树种子萌发的影响[J].生态学报,2013,24(5): 1341-1346.
- [8] 赵丽丽,王普昶,陈超,等.干旱胁迫下外源钙对二色胡枝子种子萌发的影响[J].草地学报,2015,23(1): 120-124.
- [9] 姬俊华,李成奇,霍显璟,等.聚乙二醇模拟干旱对不同基因型小麦种子萌发的影响[J].种子,2012,31(9): 87-90.
- [10] 张云香,胡灏禹,杨丽娟,等.珍稀濒危植物距瓣尾囊草种子散布及萌发特性[J].植物分类与资源学报,2013,35(3): 303-309.
- [11] 黄修梅,郝丽珍,袁春爱.蒙古高原野韭种子萌发对 PEG 模拟干旱胁迫的响应[J].种子,2014,33(11): 14-17.
- [12] 胡红,曹昀,王颖.水分胁迫对狗牙根种子萌发及幼苗生长的影响[J].草业科学,2013,30(1): 63-68.
- [11] 闫兴富,周立彪,思彬彬,等.不同温度下 PEG-6000 模拟干旱对柠条锦鸡儿种子萌发的胁迫效应[J].生态学报,2016,36(7): 1989-1996.
- [12] 史薇,徐海量,赵新风,等.胀果甘草种子萌发对干旱胁迫的生理响应[J].生态学报,2010,30(8): 2112-2117.
- [13] 王激清,刘社平,白晓瑛.盐胁迫对不同品种甜菜种子萌发特性的影响[J].江苏农业科学,2015,43(3): 96-98.

## Effect of Drought Stress on Seed Germination of Two Different Genotypes *Aquilegia vulgaris*

DU Yan<sup>1,2</sup>, WANG Juan<sup>3</sup>, CHEN Chong<sup>3</sup>, WEI Ting-zhou<sup>2</sup>

(1. Shanxi Yuncheng Vocational and Technical College of Agricultural, Yuncheng, Shanxi 044000; 2. College of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621010; 3. Pomology Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, Shanxi 030031)

**Abstract:** In order to explore the drought resistance of two different genotypes of *Aquilegia vulgaris*, the seeds of *Aquilegia vulgaris* were treated by 5%, 10%, 15%, 20% and 25% of PEG-6000. The results showed that the germination rate, germination potential, relative germination rate and germination index of seeds with two different genotypes were significantly decreased under drought stress ( $P < 0.05$ ). In addition, low concentration of PEG-6000 promoted the germination peak earlier, and accelerated the process of seed germination, while high concentration was opposite. At the same concentration of PEG-6000, *Aquilegia vulgaris* of Bailu showed stronger drought tolerance than *Aquilegia vulgaris* of Huangfeng.

**Keywords:** drought stress; genotypes; *Aquilegia vulgaris*; seed germination